ACCADEMIA DI SCIENZE LETTERE E ARTI
UDINE

ESTRATTO DEGLI ATTI DELL'ACCADEMIA DI SCIENZE LETTERE E ARTI DI UDINE

ANNO 1983

VOLUME LXXVI

Arti Grafiche Friulane - Udine - 1984

MARIA VISINTINI ROMANIN

INQUINAMENTO E DISINQUINAMENTO DEL SUOLO

(In ricordo del prof. dott. Renzo Candussio).

Ringrazio il Presidente prof. Antonio Celotti di avermi offerto l'occasione per ricordare in questa nostra Accademia la vita e il lavoro scientifico del prof. dott. Renzo Candussio, appassionato studioso dei problemi dell'agricoltura friulana.

Candussio era schivo a qualsiasi forma di esteriorità, accettava con entusiasmo di ricordare una persona o celebrare un avvenimento solo a condizione di portare un contributo di ricerche ed esperienze.

Lo ricorderò quindi non solo attraverso quello che ha fatto o pubblicato, ma cercando di riassumere anche il suo pensiero su un argomento che a lui stava tanto a cuore: «Inquinamento e disinquinamento del suolo», in particolare per ciò che riguarda macroelementi nutritivi e microelementi nutritivi e tossici.

È mancato a Gorizia il 4 febbraio 1982, docente di chimica agraria presso la facoltà di Scienze dell'Università di Trieste, quando poteva ancora portare validi contributi in un ramo delle scienze agrarie che amava definire «edafologia», studio dei rapporti pianta terreno. L'edafologia detta anche pedobiologia considera il suolo come un «habitat» per la crescita delle piante e lo studia in relazione anche alle produzioni, mentre la pedologia considera il suolo come un prodotto della natura biologicamente alterato e lo esamina ai fini della classificazione.

Nato a Udine il 28 novembre 1911 si è laureato in Scienze Agrarie a pieni voti presso l'Università di Bologna, dopo aver frequentato il Liceo Classico Stellini.

Nel 1937 venne assunto nei Servizi Agrari del Ministero dell'Africa Italiana e destinato all'Asmara a reggere la Sezione di Sperimentazione dell'Ufficio Agrario del Governo dell'Eritrea.

Intraprese gli studi geo-agronomici dei territori dell'Eritrea e dell'Amhara, iniziò il lavoro di miglioramento genetico di una coltura oleifera (neuk, Guizotia Abyssinica Cass), si dedicò allo studio botanico e chimico di specie spontanee per una loro utilizzazione economica. Gli studi furono interrotti nella primavera del 1940 per il richiamo alle armi e solo una delle relazioni geo-agrologiche venne salvata e poi pubblicata nel 1953 dall'Istituto Agronomico per l'Oltremare di Firenze.

Partecipò alle operazioni di guerra fino all'aprile 1941 e da tale data fino al 1946 fu prigioniero in India. Durante la prigionia si dedicò principalmente a ricerche di carattere botanico e con il materiale che riuscì a portare in Italia fu costituito a Firenze il primo nucleo di flora imalaiana. Nei campi di prigionia tenne corsi di botanica agraria per universitari, come risulta nel volume di Roversi Monaco «Africa come un mattino» (Ed. Tamari-Bologna 1969).

Dopo la parentesi della guerra e della prigionia e un breve periodo di servizio presso l'Istituto Agronomico per l'Oltremare di Firenze, la sua attività scientifica riprese definitivamente presso la Stazione Chimico Agraria Sperimentale di Udine. Le ricerche furono rivolte specialmente allo studio chimico-agrario della fertilità dei terreni, ai problemi della fertilizzazione delle terre e della nutrizione minerale delle piante e agli aspetti agronomici delle carenze micronutritive delle colture. Solo una minima parte di questi studi e non certo la più significativa e impegnativa, è stata pubblicata.

Nel 1950 rappresentò l'Italia a Parigi per conto del Ministero degli Esteri in un gruppo di lavoro (Compiti e organizzazione della ricerca sperimentale agraria nei paesi africani a sud del Sahara), di cui venne nominato presidente, in seno al comitato dei territori d'oltremare dell'OECE. Un suo intervento sulla ricerca sperimentale in Somalia (dove aveva lavorato nel 1935-1936) fruttò il successivo invio da parte dell'OECE di una missione di studio italiana nei paesi dell'Africa Equatoriale Occidentale.

Nel 1957 fu chiamato a far parte di un comitato, dal Ministero Agricoltura e Foreste, per lo studio del deperimento dei medicai.

Questo problema offrì lo spunto a un vasto programma di ricerche chimico-agrarie e agronomiche, relativo non soltanto all'erba medica ma a varie piante foraggere, nel campo delle disponibilità macro e micronutritive dei terreni. I lavori pubblicati superano la ventina.

Nel maggio 1957 fu trasferito a Gorizia con l'incarico della direzione dell'Istituto Chimico Agrario Sperimentale, allora ridotto (non per colpa di uomini, ma per una serie di situazioni generate dalla guerra) quasi semplicemente al nome, tanto prestigioso del passato.

Con enormi sacrifici riorganizzò i servizi, riuscì a colmare le grosse deficienze di attrezzature scientifiche di laboratorio e tecniche di campagna, creò un valido nucleo di ricercatori (diciotto persone) ad alto grado di efficienza e ad un ottimo livello di resa.

Nel 1971 l'Istituto, quando passò all'Amministrazione Regionale, era attrezzato con apparecchiature d'avanguardia per la ricerca chimico agraria (apparecchi per tecniche radioisotopiche, polarografiche, spettrofotometriche ad assorbimento atomico, potenziometriche con elettrodi specifici, ecc.), con le più moderne attrezzature per la sperimentazione di campagna, possedeva una ordinata biblioteca di cui la parte antica costituisce un patrimonio storico e culturale unico nella Regione e la parte moderna era aggiornata con volumi e con le più qualificate pubblicazioni periodiche nazionali ed estere.

Numerose sue pubblicazioni illustrano le ricerche chimico agrarie su acque, terreni, foraggi, vini, ecc. e le prove sperimentali di concimazione condotte in questo periodo, ma la sua attività comprendeva anche assistenza agli agricoltori con conferenze e lezioni e un ben organizzato servizio per il pubblico, noto anche fuori regione.

Per venire incontro alle necessità degli orto-frutticoltori e degli esportatori di frutta e ortaggi aveva provveduto nel 1966 ad attrezzare l'Istituto di nuove apparecchiature (compreso il gas cromatografo) adatte a eseguire le analisi dei residui di pesticidi.

Ritengo però necessario ricordare e soffermarmi su quella parte di lavoro sconosciuta e relativa a sperimentazioni purtroppo interrotte, ma saggiamente impostate in previsione della loro futura utilità, perché si dimostrano attuali dopo tanti anni:

- Carte aziendali della fertilità dei terreni;
- Miglioramento dei prati naturali di montagna attraverso l'impianto di «giardini alpini» per lo studio della biologia (esigenze nutrizionali, ritmi di accrescimento, ecc.) e la moltiplicazione delle migliori essenze foraggere spontanee nelle varie zone;
- Prove di orientamento e controllo resa e qualità di cultivar di fragole su una ventina di varietà;
- Prove sulla coltura industriale del lampone condotte su 15 varietà per ottenere indicazioni sulla moltiplicazione e possibile raccolta meccanica;
- Ricerche chimiche per la identificazione degli ecotipi di erba medica e studio chimico dell'erba medica friulana. Nel vivaio del podere era riuscito a raccogliere 68 varietà (molte anche estere) su cui venivano seguiti i caratteri e i comportamenti negli anni successivi; nonché su alcune venivano eseguite prove di investimento e di concimazione.

Dedicava il suo tempo libero alla collezione vegetativa di vitigni friulani, iniziata nel podere dell'Istituto e continuata dopo il 1971 presso la tenuta di Angoris (Cormons). Si riprometteva di pubblicare, quando ne avesse avuto il tempo, i risultati delle sue osservazioni, misure e ricerche su un discreto numero (24 per la precisione) di vitigni friulani (oltre agli studi approfonditi sul Picolit), alcuni dei quali probabilmente ormai introvabili. Così scriveva: «la conservazione di vecchi ceppi friulani in una collezione vegetativa, e lo studio di essi, non significa soltanto rispetto e amore per le tradizioni del proprio paese, ma rappresenta anche un enorme interesse scientifico applicativo. In una Conferenza tecnica internazionale tenuta a Roma nel 1967 sotto gli auspici della Fao e con la collaborazione della Società americana di botanica economica, del Programma biologico internazionale e della Fondazione Rockfeller, venne proposta la cooperazione e il

coordinamento, fra tutti i Paesi, della ricerca, della protezione e conservazione delle risorse vegetali di tutto il mondo rappresentate dai progenitori selvatici delle attuali piante coltivate e delle primitive varietà costituitesi per ibridazione, mutazioni e selezioni naturali o artificiali. Lo studio della loro utilizzazione in campo genetico diventa un fattore essenziale per il miglioramento delle piante di interesse economico. Queste risorse genetiche se vengono perdute o distrutte non potranno più essere ricostituite perché sono il frutto di lenti adattamenti ambientali della durata, talvolta, perfino di millenni».

Numerosi sono ora gli articoli su vitigni friulani più o meno sconosciuti, ogni anno c'è il premio «Risit d'aur», recentemente è stata proposta la creazione di una azienda pilota e una rete di campi dimostrativi per «piccoli frutti».

Nel 1961 aveva ottenuto l'abilitazione alla libera docenza in chimica agraria e dal 1963 fu continuativamente docente presso la Facoltà di Scienze dell'Università di Trieste. Fu relatore di numerose tesi di laurea di cui vanno ricordati alcuni temi svolti sperimentalmente presso l'Istituto di Gorizia (*).

In seguito al riordino della sperimentazione agraria del 1968 entrò nell'organico dell'Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante di Roma del Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, e assunse nel 1971 la direzione della Sezione Operativa Periferica di Gorizia dopo un periodo dedicato all'ex Istituto Chimico Agra-

(*) Anno Accademico 1968-69. Ambiente pedo-edafico delle principali associazioni erbacee del Carso litoraneo.

Anno Accademico 1968-69. Sostanze ad azione estrogena nei foraggi del Friuli.

Anno Accademico 1970-71. I terreni del versante meridionale del Monte Coglians (Alpi Carniche).

Anno Accademico 1973-74. I terreni idromorfi della bassa friulana ospitanti la specie endemica Erucastrum palustre (Pir) Vis.

Anno Accademico 1976-77. Influenza dello stato idrico del terreno sull'ammonificazione e nitrificazione di concimi azotati organici di sintesi a lenta e controllata azione.

Anno Accademico 1976-77. Caratteristiche fisiche, fisico-chimiche e chimiche di acidi umici estratti da quattro suoli di diversa natura.

Anno Accademico 1976-77. Il comportamento del rame nei terreni ferrettizzati.

Anno Accademico 1978-79. Costanti di stabilità di complessi del rame con acidi umici estratti da terreni locali.

Anno Accademico 1982-1983. Nutrizione borica delle viti coltivate su terreni collinari marnoso-arenacei dell'Alto Friuli.

rio Sperimentale di Gorizia e all'ex Stazione Chimico Agraria Sperimentale di Udine, assorbiti dal Centro Regionale di Sperimentazione Agraria, trasferito poi a Pozzuolo del Friuli.

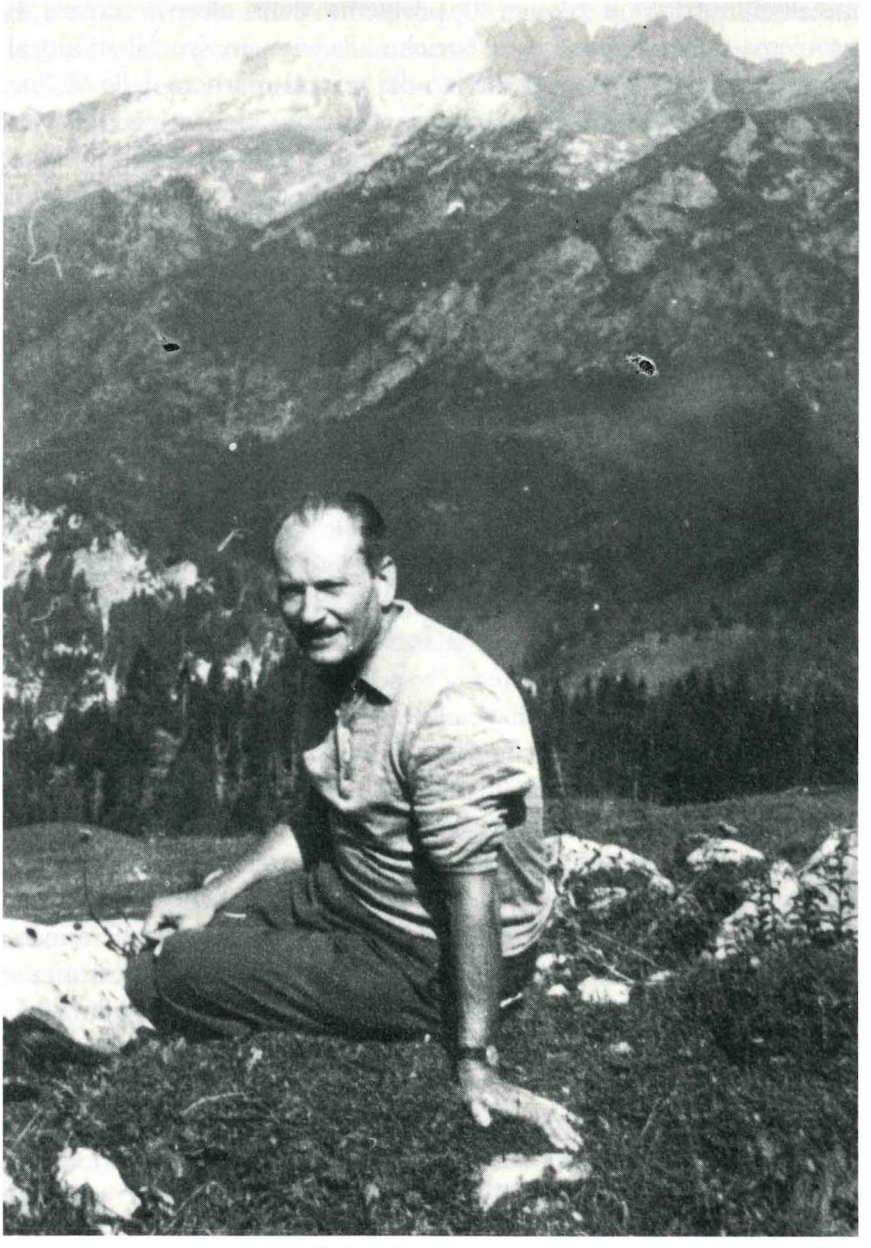
Quando nel 1971 arrivai alla Sezione di Gorizia, trasferita dalla Stazione Chimico Agraria di Udine, ci trovammo senza strutture, senza attrezzature, senza biblioteca, materialmente senza una sedia in alcuni locali gentilmente concessi dall'Amministrazione Provinciale, Candussio mi disse: «non sarebbe niente ricominciare se avessimo dieci anni di meno».

Nel 1972 dovette sottoporsi ad un grosso intervento chirurgico. Il giorno prima dell'operazione così scriveva da Verona: «domenica mattina si è fermato un po' con me il prof. Dell'Adami e mi ha succintamente spiegato come e perché devo essere operato. È una operazione piuttosto complessa e alquanto difficoltosa, ma rappresenta l'unica soluzione confacente al caso mio. Non avrei mai pensato a tanta complicazione! Dopo, spero di avere meno timori e molte più speranze. Le unisco qui le bozze corrette. Mi farà una cortesia se, come d'accordo, le porta all'Istituto dell'Enciclopedia. Dovrebbe far presente che non mi piacciono affatto quei titoloni: sarebbe meglio, secondo me, un carattere meno vistoso. Dica poi che nel testo io ho chiamato prospetti e non tabelle. L'uno o l'altro è lo stesso, basta che sia uniformata la dicitura».

Era un articolo sull'inquinamento. Poco tempo dopo riprese a lavorare nuovamente con immutato entusiasmo e le principali acquisizioni applicative, eseguite dalla Sezione in questo periodo, possono essere raggruppate nei seguenti settori di ricerca: a) concimi e concimazioni macro e micronutritive, b) concimi e concimazioni organiche, c) inquinamento ambientale e fitotossicità per errato uso di concimi, liquami e fanghi.

Nel 1977 subentrai a Candussio nella direzione della Sezione, ma la nostra collaborazione continuò.

Oltre 120 pubblicazioni documentano la sua versatile capacità di «vedere» con immediato intuito la possibilità di soluzione attraverso adatte impostazioni sperimentali. Fu membro di Accademie e società scientifiche. Ultimamente aveva in stampa o in preparazione alcune note: – Ricerche sulle sostanze umiche dei terreni della Regione nei riflessi della mobilità di microelementi



Il dott. Renzo Candussio.

metallici nutritivi e tossici; Il problema della clorosi ferrica; Il problema delle concimazioni boriche alla vite, in special modo al vitigno Picolit; Lo stato potassico dei terreni marnosi delle colline del Friuli Orientale e la nutrizione potassica del vitigno Picolit; Forme di azoto in terreni a lungo concimati e interazioni azoto potassio.

Alcuni lavori sono già stati pubblicati, altri verranno da me portati a compimento.

Friulano di nascita, di stirpe e di sentimenti, profondo conoscitore dell'ambiente in cui operano i nostri agricoltori si è sempre dedicato ai loro problemi con generoso e disinteressato entusiasmo, nonostante difficoltà di ogni genere. Per la passione dedicata alla ricerca e per la lungimiranza dimostrata nell'inquadrare tanti problemi avrebbe meritato in vita maggiori riconoscimenti. Paziente maestro e appassionato studioso, alle doti di intelligenza, di integrità, di serietà e di modestia Egli univa affabilità e simpatia, umanità e tolleranza e senso spiccato dell'amicizia. Lascia una traccia indelebile in chi ebbe la fortuna di conoscerlo e lavorare insieme.

La pratica delle concimazioni, necessaria al momento attuale per ottenere dal terreno il massimo reddito possibile con la quantità e la qualità dei prodotti, ma ancor più necessaria nel futuro per poter ottenere le massime produzioni per sfamare l'aumentata popolazione del mondo, è spesso accusata di provocare inquinamenti delle acque, sia sotterranee che superficiali, minacciando la vita dei corpi d'acqua mediante l'eccessiva loro eutrofizzazione, oppure minacciando direttamente la salute degli animali di allevamento, o dell'uomo stesso, mediante vere e proprie intossicazioni.

A parte i piccoli e, normalmente, non importanti apporti nel terreno di certi elementi tossici contenuti come impurità in alcuni concimi (così per esempio il cadmio, il cromo e il fluoro presenti in alcuni concimi fosfatici), i due elementi maggiormente incriminati per l'inquinamento agrario delle acque sono il fosforo e l'azoto.

Il fosforo in presenza di azoto stimola lo sviluppo delle alghe

già a concentrazioni dell'ordine di 0,05 ppm; è quindi un elemento decisamente importante per la eutrofizzazione delle acque e per le sue conseguenze – qualora il fenomeno raggiunga gravi eccessi – sull'equilibrio ecologico e sulla intera vita dell'habitat idrico.

Le acque naturali, non inquinate, sono praticamente quasi prive di fosforo. Allora quale può essere l'origine dell'eccesso dell'elemento nei corpi idrici?

Non vi è dubbio che la maggior parte provenga da scarichi cloacali urbani e da effluenti industriali (deiezioni solide, detersivi, ecc.). Ma quale fondamento possono avere e di quale entità possono essere, le accuse che in proposito si muovono ai concimi organici (deiezioni solide e liquami di allevamenti zootecnici, letame, ecc.) e ai concimi chimici minerali?

Quesiti senza dubbio legittimi che possono trovare risposta soltanto con l'esecuzione di accurate apposite ricerche nel campo chimico-agrario riguardante l'impiego dei concimi quali fattori della fertilità agraria, il loro dinamismo nel suolo, la destinazione dei residui e il loro comportamento ambientale.

Ma non basta. Noi dobbiamo tenere in considerazione oltre che i fattori positivi della fertilità, anche quelli che con essi interferiscono. Alterare negativamente, e forse anche irreversibilmente quella proprietà del terreno che il grande agronomo toscano Cosimo Ridolfi chiamava «la mirabile capacità a produrre», ossia la fertilità del terreno, e la sua capacità di depurazione, non provoca danni puramente economici, ma danni che riguardano il benessere e la salute di tutti e che pertanto hanno riflessi nel campo sociale, a scadenze più o meno lontane, e con possibili conseguenze di incalcolabile portata.

Il suolo possiede una tale biomassa che lo rende un meraviglioso agente di degradazione, ma deve essergli concesso il tempo necessario a compiere questo importante lavoro. Non può venire considerato semplicemente il più grande e importante «depuratore» e senza le opportune conoscenze venir usato come semplice luogo di «scarico» degradando, invece che potenziando, la sua fertilità.

Gli inquinanti tossici quali per esempio i metalli pesanti, che raggiungono il terreno o per apporto diretto o tramite le acque irrigue o per ricaduta dall'atmosfera, possono agire in un tempo

anche lontano, dopo aver subito un lento accumulo di piccolissime quantità, dapprima non dannose che diventano tuttavia pericolose quando, raggiunto un certo livello, possono venir mobilizzate per effetto di determinate attività del terreno e, assorbite dalle piante, dare inizio a una catena alimentare terreno-pianta-animali-uomo.

Nei passaggi lungo queste catene l'inquinante può subire accumuli fino a raggiungere concentrazioni tossiche per l'uomo, ultimo anello della catena.

Questo tipo di inquinamento è forse il più pericoloso perché rappresenta un processo quasi sempre irreversibile e perché è un processo latente che agisce in modo subdolo.

Il problema non comporta solamente l'applicazione di adatte metodologie analitiche per evidenziare certe particolari situazioni e intervenire di conseguenza con opportune concimazioni, ma implica anche un piano di ricerche sistematiche territoriali che dovrebbero coinvolgere tutti gli elementi macro e micronutritivi di interesse agrario (multi-element survey). Nel piano dovrebbe essere incluso anche il rilevamento di determinati microelementi inquinanti (per es. piombo, mercurio, cadmio, ecc.) giacché potrebbero interagire sulla disponibilità di elementi indispensabili alla vita vegetale e degli animali. Un esempio tipico è dato dal mercurio, la cui presenza anomala nell'ambiente può condizionare l'azione fisiologica di elementi micronutritivi quali lo zinco, il selenio, ecc.

Alcuni di questi argomenti sono di competenza della Sezione Operativa di Gorizia dell'Istituto Sperimentale per la Nutrizione delle Piante, Sezione specializzata per l'appunto in «Concimi e Concimazioni» e che da molti anni dedica una parte importante della sua attività allo studio delle relazioni intercorrenti fra la pratica delle concimazioni e l'inquinamento ambientale.

Questo è l'indirizzo che Candussio ha voluto dare alla Sezione e che si rivela oggi particolarmente utile: ricercare e studiare per conoscere, raccogliere il maggior numero possibile di dati per condurre utili sperimentazioni in situazioni e condizioni diverse; tutto al fine di poter prevenire dannose conseguenze di non corrette pratiche agricole o, eventualmente, poter intervenire con un valido bagaglio di conoscenze ed esperienze.

Il terreno può diventare inquinato con diverse modalità:

- per «autoinquinamento» che consiste nell'apporto diretto nel terreno di certe sostanze inorganiche od organiche (concimi, pesticidi, fitoregolatori, ecc.) con le normali pratiche agricole;
- per apporto di sostanze organiche (di origine cloacale urbana, di origine industriale, di origine agraria), di detergenti con liquami di stalla, di metalli pesanti o di altre sostanze tossiche o di eccessiva salinità tramite le acque (acque reflue industriali, cloacali, acque metanifere) di irrigazione;
- per apporto diretto di sostanze varie (polveri di metalli pesanti, radionuclidi di diversa origine, ecc.) tramite l'atmosfera.

Se noi consideriamo le modalità di introduzione delle sostanze inquinanti nel terreno possiamo innanzi tutto pensare di attuare un non-inquinamento del terreno, ossia prevenire l'inquinamento, o eliminando l'autoinquinamento o depurando opportunamente le acque irrigue prima di immetterle nel terreno, o proteggendo con opportune modalità il terreno dalla ricaduta di materiali in sospensione nell'aria. Quest'ultima possibilità è ovviamente di più ristretta applicabilità.

La prevenzione dall'inquinamento (il non inquinamento) non interessa ai fini della nostra breve trattazione.

Partiamo cioè dal principio che il terreno sia o possa essere inquinato e che occorra pertanto mettere in atto processi di disinquinamento del terreno.

È lecito pensare alla possibilità di «disinquinare» un terreno? Per dare una appropriata risposta a tale domanda occorre definire il significato che deve essere attribuito all'espressione «inquinamento e disinquinamento» del suolo.

Inquinare un terreno con una determinata sostanza per noi significa apportare al terreno quella sostanza in quantità e forma tale da arrecare danno o comunque nocumento sia ad organismi che vivono in quel terreno o su quel terreno (microrganismi, piante) sia ad organismi che possono vivere in altro ambiente, ma che con quel terreno hanno rapporti di vita (animali, uomo), oppure ancora tale da risultare nociva in altri ambienti della biosfera (idrosfera e atmosfera).

Per stabilire se un certo terreno è inquinato da una determi-

nata sostanza, oppure no, si deve spesso prendere in considerazione non solo la quantità totale della sostanza presente nel terreno, ma anche l'effetto inquinante che tale sostanza può esercitare o sulla microflora o sulle piante o sulle acque o, direttamente oppure indirettamente, sugli animali e sull'uomo. In altre parole bisogna determinare quale parte della sostanza può essere mobile o assimilabile.

Nel determinare la mobilità o l'assimilabilità di una sostanza nel terreno influiscono molti fattori dipendenti essenzialmente dalle caratteristiche fisiche e chimiche del terreno, dall'andamento meteoro-climatico stagionale, dalla giacitura e dalla topografia del suolo, ecc.

Soltanto tenendo presente questi fondamentali principi si può ammettere la possibilità di un «disinquinamento» del terreno. Disinquinare un terreno non significa soltanto asportare dal terreno la sostanza inquinante, ma può essere inteso anche nel senso di eliminare o almeno attenuare gli effetti nocivi che tale sostanza può provocare negli organismi o negli ambienti più sopra indicati.

Il «disinquinamento» del terreno così inteso potrà essere attuato esaltando opportunamente non soltanto i fattori di mobilizzazione, di biodegradazione, di fissazione, caratteristici dei diversi terreni, ma anche le azioni antagonistiche o azioni antitossiche, sviluppantesi sia nel terreno stesso sia negli organismi vegetali o negli organismi animali, fra elementi e composti di diversa natura.

Evitare cioè effetti dannosi indirettamente sfruttando sinergismi e antagonismi di altre sostanze, oppure impiegando certe tecniche agronomiche (per es. coltivando piante accumulatrici di determinati elementi, sfruttando particolari associazioni di microrganismi o anche di piante, attuare sfalci anticipati e frequenti).

È precisamente su questa base che verranno qui portati solo alcuni accenni, perché non c'è spazio per una vera trattazione che dovrebbe essere inoltre sviluppata sulla base di nozioni di chimica del terreno e di biochimica vegetale.

I moderni metodi di coltivazione, per ottenere elevate produzioni, basati sull'integrazione e sul massiccio apporto di concimi chimici azotati, fosfatici e potassici non hanno mai preso in considerazione la necessità di un sistematico studio dei microele-

menti per una eventuale restituzione delle quantità asportate e per prevenire eventuali fenomeni di carenza.

Dei 92 elementi chimici naturali (esclusi cioè gli elementi artificiali transuranici) solo una quarantina intervengono, in vario modo, nella nutrizione dei vegetali e degli animali.

I *macroelementi* costituenti il 99,5% delle sostanze vegetali possono venir considerati:

- elementi indispensabili primari plastici: C, H, O, N, S, P i quali formano il 96-97% della sostanza dei vegetali;
- elementi indispensabili secondari plastici: K, Ca, Mg che costituiscono il 2,5-3,0% della sostanza dei vegetali.

I *microelementi* costituenti circa lo 0,5% della sostanza dei vegetali possono venir considerati:

- elementi minori indispensabili: Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B, Cl;
- elementi minori comuni ritenuti non indispensabili, definiti funzionali: Si, Na, Tl, I, Co, Se, Cr, V;
- elementi minori rari e non indispensabili (spesso soltanto tossici): *Sn, As, Ni, Pb,* Li, Sr, Al, Cs, Ag, Au, *Cd, Hg,* Y, TI, W, Zr, Br, Rb, Ga.

I microelementi «necessari» possono diventare «tossici» quando si trovano in concentrazioni relativamente elevate. Le concentrazioni che indicano la carenza, la soglia di sufficienza e la soglia di tossicità sono sempre molto ravvicinate.

La citata suddivisione non si rivela molto pratica, perché alcuni elementi essenziali per le piante non vengono richiesti dagli animali e viceversa. Inoltre alcuni non sono indispensabili né per le piante né per gli animali, ma sono importanti perché nel terreno intervengono in determinate reazioni di natura chimica e microbiologica (*).

(*) La situazione nella Regione Friuli-Venezia Giulia su «Gli elementi nutritivi ed elementi inquinanti come fattori di fisiopatie negli animali di allevamento è stata illustrata in una lezione ai veterinari tenuta nel 1975 da Candussio, il quale ha svolto il tema da un punto di vista chimico agrario mettendo in evidenza i nessi che possono

Gli elementi micronutritivi dovrebbero essere forniti al terreno solo con molta oculatezza, dopo aver controllato lo stato di fertilità micronutrizionale del terreno e aver valutato i fattori che regolano il comportamento di ognuno dei microelementi.

I concimi vengono apportati al terreno per incrementare e migliorare le produzioni agrarie, ma la concimazione azotata, fosfatica, organica e micronutritiva deve essere effettuata in modo razionale, non solo perché in determinate condizioni può diventare un importante fattore di inquinamento, ma per l'impellente necessità di risparmiare: dal punto di vista dei costi energetici (come nel caso principalmente dell'azoto); per la mancanza di rinnovo delle risorse (come nel caso del fosforo); per la necessità e l'opportunità di riciclare i rifiuti organici liquidi e solidi, zootecnici e urbani, i quali possono risultare una vera risorsa utile all'economia delle concimazioni, se usati in modo corretto.

Il riciclo di sottoprodotti di varia origine può essere considerato un mezzo per ottenere sostanza organica utile all'agricoltura e anche un mezzo di disinquinamento da un punto di vista generale. Secondo una ricerca CEE del 1977 la produzione annua in Italia di sottoprodotti e reflui è di circa 200 milioni di tonnelate (in peso secco). Il cattivo e non corretto smaltimento di questa enorme quantità di rifiuti porta ad inquinamenti e alla diffusione di patogeni.

Si ritiene che ogni abitante possa produrre in media circa 800 Kg di fango fresco all'anno (senza contare i fanghi industriali). In Italia l'utilizzazione in agricoltura dei sottoprodotti più o meno trasformati ammonterebbe solo al 5% delle reali disponibilità.

L'indirizzo per l'utilizzazione dei vari rifiuti dovrebbe basarsi su due punti principali:

- riduzione del loro volume e riduzione degli inconvenienti che possono derivare dal loro uso;
- riutilizzazione delle materie prime con risparmio di energia.

intercorrere fra terreno, piante (foraggi) e animali e gli aiuti che possono essere forniti dall'analisi chimica. Si è dedicato in particolare a Fe, B, Mo, Cu, Zn, Mn e Pb, Hg, Cd come risulta da numerose pubblicazioni.

I convegni internazionali e nazionali si sono moltiplicati in questi ultimi anni e sono stati condotti innumerevoli studi. Il Consiglio Nazionale delle Ricerche è stato attivissimo durante i cinque anni di lavoro nell'ambito del Progetto finalizzato «Promozione della qualità dell'ambiente», ma in Italia non esiste una regolamentazione per l'uso in agricoltura.

La Commissione delle Comunità Europee sta predisponendo una proposta di direttiva del Consiglio, concernente l'utilizzazione in agricoltura dei fanghi residuati dai processi di depurazione, di cui si può prevedere nel prossimo futuro un massiccio aumento in base all'applicazione della legge sulla tutela dell'acque dall'inquinamento (319/76, nota come legge Merli) e relative modifiche e integrazioni (650/79).

Nel 1981 il nostro Istituto, invitato dal Ministero dell'Agricoltura e Foreste a valutare tale proposta, oltre a presentare elementi per eventuali modifiche e aggiunte alla direttiva, ha ritenuto far presente di considerare più corretta la regolamentazione Olandese (1980) perché basata sul fatto che la perdita di fertilità del terreno per eccesso di metalli pesanti può essere irreversibile e irrepartibile e pertanto è preferibile ritardare la concentrazione di tali elementi nel terreno ed avere più tempo a disposizione per prove e verifiche.

Una breve notizia di altri tempi:

Negli atti della «Società di Agricoltura Pratica» (fondata nel 1792 e annessa all'«Accademia di Udine») chiamata poi «Accademia Agraria» e più tardi «Accademia Aquileiese», spiccano vari scritti fra i quali un decreto emanato il 17 dicembre del 1787 dalla Repubblica di Venezia, particolarmente attenta ai problemi dell'agricoltura, decreto che merita di essere ricordato in quanto «proibiva a qualunque sorta di persone, di grado o condizione essere si voglia, tanto suddita che forestiera di vendere, permutare, commerciare, asportare o permettere che venga asportato, condurre o far condurre fuori dello Stato Veneto sotto alcun colore o pretesto ogni immaginabile sorta di concimi atti alla coltivazione dei terreni, conosciuti col nome di grasse, sterniture, letami,

colombina, pollina, peli di maiale ed altri animali, ritagli di ogni sorta, fuliggine e ceneri, come pure spazzature, immondizie, frantumi e raschiature di unghie e corna di animali ed altro in pena di ducati 25 di lire 6 e soldi 4, per ciascun trasgressore, oltre la perdita dei concimi predetti, che fossero colti in contraffazione e delle barche, carri, ed attrezzi con li quali venissero trasportati, riservando l'Eccellenza loro al proprio arbitrio quelle maggiori pene ancor afflittive che meritassero le peculiari circostanze dalle quali venisse aggravata la delinquenza».

Manca il letame e quindi dovremo imparare ad utilizzare bene i residui organici di ogni genere.

Un corretto apporto di liquami zootecnici provenienti da grossi allevamenti industriali può sostituire in parte o limitare l'uso di concimi chimici con relativi vantaggi economici, ma le quantità da apportare alle colture deve essere regolata non solo in base alla composizione del prodotto da apportare e alle necessità della pianta coltivata, ma in particolare in base al contenuto di azoto quando le condizioni pedagologiche e climatiche, nonché le pratiche agronomiche fanno prevedere perdite dell'elemento per volatilizzazione e per lisciviazione. Le indagini da noi condotte nella nostra regione su terreni alluvionali, prevalentemente sabbiosi, da molti anni concimati con elevate quantità di liquami suini, sistematicamente irrigui, perché soggetti ad aridità pedagologica, consigliamo la massima prudenza.

Per quanto riguarda l'utilizzazione agricola di rifiuti di varia origine e in particolare dei fanghi la situazione è stata così sintetizzata al seminario, tenuto nel settembre 1980 a Basilea sull'«Uso agricolo del fango di depurazione»: «esistono molte buone ragioni per usare i fanghi in agricoltura; esistono tuttavia molte altre buone ragioni per non usarli».

L'equilibrio nutritivo fra gli elementi micronutritivi è essenziale e ancor più difficile da mantenere di quello fra macroelementi.

Molti sistemi enzimatici delle piante, che dipendono da microelementi, richiedono più di un microelemento. Per esempio: tanto il Mn che il Mo sono necessari per l'assimilazione dei nitrati; esistono reciproci benefici effetti fra fosforo e molibdeno; alcune

piante necessitano di zinco e fosforo in quantità adatte per una buona utilizzazione del manganese.

L'utilizzazione del boro e del calcio dipende dall'equilibrio fra questi 2 elementi; l'utilizzazione del rame è favorita da una adeguata quantità di manganese che in alcune piante a sua volta è assimilato solo se lo zinco è presente in quantità sufficiente.

Un accenno però anche ai fenomeni di antagonismo: varie reazioni enzimatiche e biochimiche che richiedono un dato elemento micronutritivo possono venir «avvelenate» dalla presenza di un secondo microelemento in quantità tossiche. Sono ben noti alcuni esempi di antagonismo sull'assorbimento dei microelementi:

- l'eccesso di rame e solfati può ostacolare l'utilizzazione del molibdeno;
- la deficienza di ferro è aumentata da eccessi di zinco, manganese e rame;
- l'eccesso di fosforo determina la deficienza di zinco, ferro, rame;
- una eccessiva fertilizzazione azotata aumenta la deficienza di rame;
- eccessi di sodio e potassio possono influenzare negativamente l'assorbimento di manganese;
- eccessi di calcare riducono l'assorbimento del boro;
- ferro, rame, zinco possono ridurre l'assorbimento del manganese.

Gli esempi citati dimostrano la complessità delle situazioni.

Se la concimazione può diventare in determinate condizioni un fattore di inquinamento (basti ricordare in proposito le anomale concentrazioni di nitrati e fosfati di origine agraria che possono eutrofizzare le acque superficiali di certe zone) i concimi possono trovare una ragione di impiego – ovviamente in specifiche condizioni – anche come fattori di anti inquinamento.

Le calcitazioni (che portano ad una correzione del pH) riducono le azioni tossiche del rame, aggravano le deficienze di zinco, possono far aumentare le disponibilità di molibdeno. I composti dello zolfo fanno diminuire l'assorbimento del selenio.

La presenza di zinco influenza l'assorbimento del cadmio, la

cui solubilità poi può venir diminuita dalla presenza di solfato ammonico. Secondo alcuni recenti studi la deficienza o l'inadeguata presenza di molibdeno provocherebbe nei terreni la formazione di sostanze del tipo nitrosamine note per la loro tossicità.

La disponibilità dei vari microelementi è influenzata dalle caratteristiche del suolo e in particolare dalla capacità di scambio cationico, dalla sostanza organica, dalla temperatura.

Di grandissimo interesse, per l'azione disintossicante negli animali e nell'uomo attuata da un microelemento nei riguardi di un altro microelemento inquinante, sono gli studi e gli esperimenti condotti per dimostrare l'interazione negli organismi animali fra certi composti del selenio e determinati metalli provenienti dall'inquinamento ambientale, specialmente cadmio e mercurio. In ogni caso è molto probabile che una delle funzioni del selenio, ritenuto ormai un elemento indispensabile alla vita, sia precisamente quella di proteggere gli organismi dalla tossicità di metalli assunti, in dosi non eccessive, da un ambiente inquinato.

I rifiuti solidi urbani contengono quantità limitate di metalli, ma sempre superiori a quelle che si possono riscontrare nella massima parte dei terreni.

I fanghi di depurazione contengono quantità che possono essere anche molto elevate a seconda delle percentuali di scarichi industriali che vengono immesse nelle fognature urbane. Nelle proposte di direttive CEE vengono fissati limiti e controlli per i seguenti elementi: Cd, Cu, N, Pb, Zn, As, Cr, Hg, Se.

I due elementi che possono creare problemi nella concimazione con i liquami suini sono rame e zinco i quali vengono aggiunti negli alimenti dei suini in quantità notevoli per accentuare la precocità di crescita negli animali. Più del 95% del rame passa nelle deiezioni solide e con queste portato nel terreno. Il rame viene aggiunto fino a 250 mg per capo di bestiame e per giorno. Gli effetti dannosi non si fanno sentire immediatamente né sulla quantità né sulla qualità delle produzioni, ma possono riflettersi sulla fertilità generale del suolo in un tempo più o meno lungo a seconda della natura dei terreni.

Il problema risulta quindi molto complesso. In questa mia breve esposizione sono stati forniti solo alcuni elementi per stimo-

lare l'approfondimento in questo campo da parte di chi affronta in qualsiasi modo il grave problema della utilizzazione o dello smaltimento dei rifiuti e quindi dell'inquinamento e possibile disinquinamento del suolo.

Tutto questo per far riflettere sull'importanza che può avere il corretto apporto dei vari macro e microelementi nella biochimica del terreno, il quale se viene mantenuto agrariamente puro è in grado di difendere la salute degli animali e degli uomini.

Voglio concludere con le parole che Candussio ha usato al termine di una conferenza tenuta oltre dieci anni fa:

«È nozione comune, nota da tempi remoti, che la vita di tutti gli animali del mondo, ovviamente uomo compreso, dipende dalla produzione vegetale. Alla fine del XVIII secolo Federico il Grande di Prussia, illuminato mecenate di quell'epoca, scriveva argutamente nel suo Epistolario che *senza la vita vegetale non esisterebbero nel mondo né mercanti, né poeti, né filosofi.*

Certamente tutti sanno che il meccanismo di produzione delle piante è dominato dal processo della fotosintesi clorofilliana. Ora se è vera, com'è stato inconfutabilmente dimostrato dalle più moderne ricerche, anche l'affermazione che *l'unione della materia minerale e organica per formare il complesso organo-minerale dei terreni, ossia il processo di umificazione è così vitale per la continuazione della vita quanto la fotosintesi clorofilliana,* appare allora del tutto evidente l'enorme importanza di mantenere la massima efficienza di questi due processi fondamentali per ogni forma di vita.

Ora questo compito non può spettare che all'agronomo, biologo o chimico, al quale però è stato riservato finora un ruolo molto secondario nella lotta contro il sovvertimento ecologico dell'ambiente e per la difesa del suolo dall'erosione.

Sarà precisamente l'agronomo che, chiamato a collaborare sempre più strettamente con tutti coloro che hanno la responsabilità della sanità dell'igiene e della giusta alimentazione delle popolazioni, dovrà intervenire con la ricerca e l'adozione di opportune pratiche agricole atte a spingere al massimo le produzioni agrarie, tuttavia provvedendo al tempo stesso ad eliminare o ad attenuare quei processi di degradazione ambientale che conducono alla menomazione della qualità dei prodotti o alla riduzione delle loro

quantità proprio nel momento in cui le necessità alimentari dovranno raggiungere livelli difficilmente sostenibili dal nostro ormai piccolo pianeta».

ELENCO DELLE PUBBLICAZIONI
del prof. RENZO CANDUSSIO

1 - CANDUSSIO R., *Il miglioramento del «neuk» (Guizotia abyssinica Cass.). Prime indagini ed osservazioni e direttive del lavoro di selezione.* Regio Istituto Agronomico per l'Africa Italiana, Firenze, 1941.

2 - CASTELLANI E., CANDUSSIO R., *La peronospra del girasole.* Rivista «Olearia» n. 11, 1949.

3 - CANDUSSIO R., *Relazione agrologica e zootecnica sulla piana di Hasamò (Adi Caieh) - Eritrea.* Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale, 47 (1-3), 1953.

4 - CANDUSSIO R., *Aspetti della concimazione potassica.* Ispettorato Provinciale dell'Agricoltura - Associazione Prov.le Tecnici Agricoli - Udine 1950.

5 - CANDUSSIO R., *Il problema della concimazione fosfatica.* L'agricoltura Friulana del 15 febbraio 1953.

6 - CANDUSSIO R., *Erbai intercalari estivi e valori nutritivi dei foraggi. Risultati di prove colturali.* Annali della Sperimentazione Agraria (nuova serie), Roma, 1953.

7 - CIFERRI R., RUI D., SCARAMUZZI G., CANDUSSIO R., *La «Leptonecrosi» nutrizionale del pesco.* Annali della Sperimentazione Agraria (nuova serie), Roma, 1954.

8 - CIFERRI R., RUI D., SCARAMUZZI G., CANDUSSIO R., BONFANTE S., *La «Leptonecrosi» da borocarenza dell'olivo.* Annali della Sperimentazione Agraria (nuova serie), Roma, 1954.

9 - CANDUSSIO R., VISINTINI ROMANIN M., *Indagini sul boro «assimilabile» nei terreni ferrettizzati del Friuli.* Nuovi Studi Staz. Chim. Agr. Sperim. di Udine, pubbl. n. 2, 1956.

10 - CANDUSSIO R., *Il deperimento dei Medicai in Friuli. Stato nutrizionale e fabbisogni nutritivi delle colture.* Terra Friulana, n. 1, 2, 3, Udine 1957.

11 - CANDUSSIO R., *L'impiego degli ultrasuoni nell'analisi meccanica dei terreni.* 1° Convegno Friulano di Scienze Naturali, Udine, 1955.

12 - CANDUSSIO R., *Contributo alle ricerche sulla concimazione fosfo-azotata in terreno ferrettizzato.* Nuovi Studi Staz. Chim. Agr. Sperim. di Udine, pubbl. n. 6, 1957.

13 - CANDUSSIO R., VISINTINI ROMANIN M., *Indagini sui microelementi nei terreni e nelle piante coltivate del Friuli.* 1° Convegno Friulano di Scienze Naturali, Udine, 1955.

14 - CANDUSSIO R., *Risultati di una prova sperimentale di orientamento e resa di razze di grano nella campagna 1955-1956.* Nuovi Studi Staz. Chim. Agr. Sperim. di Udine, pubbl. n. 8, 1956.

15 - CANDUSSIO R., *L'ortica (Urtica dioica L.) pianta agricolo-industriale. Nota 1. a) Generalità botaniche, geografiche, storiche. b) Valore nutritivo e biologico del foraggio.* Bollettino della Società Adriatica di Scienze Naturali, Trieste, 1956.

16 - CANDUSSIO R., *L'erba medica «friulana». Nota 1. a) Generalità e impostazione dello studio di popolazioni. b) Risultati del primo anno di prove colturali.* Nuovi Studi Staz. Chim. Agr. Sperim. di Udine, pubbl. n. 12, 1957.

17 - CANDUSSIO R., *L'erba medica «friulana». Nota 2. Studio qualitativo: la proteina greggia.* Nuovi studi Staz. Chim. Agr. Sperim. di Udine, pubbl. n. 14, 1957.

18 - CANDUSSIO R., *Risultati di prove sperimentali per l'orientamento e il controllo resa di razze di grano nel biennio 1955-57.* Bollettino Ufficiale della Cam. Comm. Ind. Agricoltura, Udine - Anno XI, n. 9, 1957.
19 - CANDUSSIO R., *Equilibri di concimazione per una coltura di girasole in terreno ferrettizzato.* Annali della Sperimentazione Agraria, Roma, 1958.
20 - CANDUSSIO R., *Le piante del curaro.* Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale, 51 (10-12), 1957.
21 - CANDUSSIO R., *Contributo alle ricerche sulla concimazione molibdica all'erba medica. Nota 1.* Genetica Agraria, vol. IX, fasc. 1-3, Pavia, 1958.
22 - CANDUSSIO R., *I concimi complessi.* Terra friulana, 4, 1957.
23 - CANDUSSIO R., *Concimi semplici e concimi complessi a colture di erba medica in terreno calcareo. Risultati di colture sperimentali e di ricerche chimico-analitiche.* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 3, 1958.
24 - CANDUSSIO R., *La concimazione del mais in terreno calcareo. Risultati di colture sperimentali e di indagini chimico-analitiche.* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 5, 1958.
25 - CANDUSSIO R., *Il campionamento del terreno per la determinazione chimico-analitica dello stato di fertilità attuale.* Terra friulana, III, 1, 1958.
26 - CANDUSSIO R., *Contributo alle ricerche sulla concimazione molibdica dell'erba medica. Nota II. Composizione minerale delle piante in relazione alla concimazione molibdica ed alle epoche dei tagli.* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 7, 1958.
27 - CANDUSSIO R., *Contributo alle ricerche sulla concimazione molibdica all'erba medica. Nota III. Appendice sui metodi adottati per la determinazione dei costituenti inorganici delle piante.* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 8, 1958.
28 - CANDUSSIO R., *Disturbi nutrizionali della vite in Friuli nella decorsa annata agraria (1958).* Terra friulana, III, 1958.
29 - CANDUSSIO R., *Indagini sullo «stato borico» dei terreni ferrettizzati dell'Agro Gradiscano-Cormonese (Friuli orientali).* Agrochimica, IV, 1, Pisa 1959.
30 - CANDUSSIO R., VISINTINI ROMANIN M., *Ricerche sul fosforo «assimilabile» dei terreni ferrettizzati. Nota I. Comparazione di metodi chimici di determinazione della anidride fosforica «assimilabile».* Annali della Sperimentazione Agraria, Roma, 1960, vol. XIV, n. 2.
31 - CANDUSSIO R., *Il fluoro nelle acque della Regione Friuli-Venezia Giulia.* Iniziativa Isontina, I, 1, 1959.
32 - CANDUSSIO R., *Relazione sull'attività svolta dall'Istituto Chimico Agrario Sperimentale nel biennio 1957-1959.* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 13, 1959.
33 - CANDUSSIO R., *Indagini chimico-analitiche sui foraggi della Provincia di Gorizia e di Trieste. Nota I. Generalità. Provitamina A (beta carotene) nell'erba medica.* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 14, 1959.
34 - CANDUSSIO R., *Indagini chimico-analitiche sui foraggi della Provincia di Gorizia e di Trieste. Nota II. La vitamina C (acido ascorbico) nell'erba medica.* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 15, 1959.
35 - CANDUSSIO R., *Indagini chimico-analitiche sui foraggi della Provincia di Gorizia e di Trieste. Nota III. Provitamina A e vitamina C nei foraggi maggenghi (erbai primaverili e prati da vicenda).* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 16, 1959.
36 - CANDUSSIO R., *Indagini chimico-analitiche sui foraggi della Provincia di Gorizia e di Trieste. Nota IV. Provitamina A e vitamina C nei foraggi di erbai estivi.* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 17, 1959.
37 - CANDUSSIO R., MARIZZA L., TERMINI V., *Indagini chimico-analitiche sui foraggi della Provincia di Gorizia e di Trieste. Nota V. I costituenti minerali dei foraggi maggenghi: microelementi ed elementi secondari (fosforo, zolfo, cloro, silicio, sodio, potassio, calcio e magnesio).* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 18, 1960.

38 - CANDUSSIO R., *Indagini chimico-analitiche sui foraggi della Provincia di Gorizia e di Trieste. Nota VI. I costituenti minerali dell'erba medica: macroelementi (fosforo, zolfo, cloro, silicio, sodio, potassio, calcio e magnesio).* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 19, 1960.
39 - CANDUSSIO R., *Composizione chimica della «Zostera Marina L.».* Atti del Museo Civico di Storia Naturale, 22, fasc. 2 (1960), n. 3-5, Trieste.
40 - CANDUSSIO R., *Indagini chimico-analitiche sui foraggi della Provincia di Gorizia e di Trieste. Nota VII. I costituenti minerali dell'erba medica: microelementi (boro, molibdeno, ferro, manganese, rame, cobalto).* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 21, 1961.
41 - CANDUSSIO R., *Indagini chimico-analitiche sui foraggi della Provincia di Gorizia e di Trieste. Nota VIII. I costituenti minerali dei foraggi maggenghi: microelementi (manganese, ferro, rame, cobalto, boro e molibdeno).* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 22, 1961.
42 - CANDUSSIO R., *Indagini agro-chimiche sui sorghi da foraggio. Prove di controllo resa e composizione dei foraggi (principi immediati, zuccheri, beta carotene, sostanze minerali).* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 23, 1961.
43 - CANDUSSIO R., *Il «fallout» radioattivo e il suo controllo.* Terra friulana, 1961.
44 - CANDUSSIO R. *Sperimentazione sui sorghi da granella. Prove di orientamento e controllo resa. Controllo chimico-qualitativo della granella.* L'Agricoltura friulana, XLI, 5, Udine 1962.
45 - CANDUSSIO R. *Sperimentazione sui mais ibridi. Prove di orientamento e controllo resa. Controllo chimico-qualitativo della granella.* L'Agricoltura friulana, XLI, 5, Udine 1962.
46 - CANDUSSIO R., *Radioattività e alimenti.* Terra friulana, VII, 2, Udine 1962.
47 - CANDUSSIO R., *Indagini chimico-analitiche sui foraggi della Provincia di Gorizia e di Trieste. Nota X. I principi immediati dell'erba medica in relazione alle stagioni di taglio e agli ambienti pedoclimatici.* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 29, 1962.
48 - CANDUSSIO R., *Gli elementi micronutritivi nei foraggi locali.* Terra friulana, Udine 1962.
49 - CANDUSSIO R., *Relazione sull'attività svolta dall'Istituto Chimico Agrario Sperimentale di Gorizia nel biennio 1959-1961.* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 31, 1962.
50 - CANDUSSIO R., *Sperimentazione sui mais da foraggio. Controllo chimico-qualitativo dei foraggi.* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 32, 1963.
51 - CANDUSSIO R., *Il colore dei fiori di ortensia in rapporto alla nutrizione minerale della pianta.* Terra friulana, VII, 6, Udine 1962.
52 - CANDUSSIO R., VISINTINI ROMANIN M., *Ricerche sul fosforo dei terreni della pianura friulana. Forme di fosforo nei terreni ferrettizzati.* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 34, 1963.
53 - CANDUSSIO R., *La composizione minerale del baco da seta (5ª età) in relazione alla composizione minerale delle foglie di gelso.* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 35, 1963.
54 - CANDUSSIO R., *Ricerche sul fosforo dei terreni della pianura friulana. Distribuzione verticale di alcune forme di fosforo e della sostanza organica nei terreni ferrettizzati.* Atti Accademia di Scienze Lettere ed Arti di Udine, vol. 5, VII.
55 - CANDUSSIO R., *Il contenuto in boro di alcuni tipi di vino del Collio Goriziano.* Nuovi annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 37, 1963.
56 - CANDUSSIO R., *Sostanze ad azione estrogena nei foraggi.* L'Italia Agricola, XCIX, 9, 1962.
57 - CANDUSSIO R., MARTELLANI E., *Ricerche sul significato agro-chimico delle riserve di molibdeno nei semi di leguminose.* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 40, 1966.
58 - CANDUSSIO R., MARTELLANI E., *La distribuzione del molibdeno nelle piante di cavolfiore affette da «Whiptail».* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 41, 1967.

59 - CANDUSSIO R., *Concimazione e qualità dei foraggi.* L'Agricoltura friulana, 1965.
60 - CANDUSSIO R., *L'influenza della concimazione sulle caratteristiche qualitative del Tocai friulano.* L'Agricoltura friulana, 1965.
61 - CANDUSSIO R., *Prove eseguite nel quadriennio 1961-64 per l'orientamento e il controllo resa di piante erbacee di grande coltura. Risultati agronomici e controlli chimico-qualitativi delle produzioni.* L'Agricoltura friulana, 1965.
62 - CANDUSSIO R., *La sperimentazione nella orticoltura della Regione Friuli-Venezia Giulia.* Atti e relazioni del Convegno di studio sui problemi della ortofloricoltura, Gorizia, 30 giugno 1966.
63 - CANDUSSIO R., *Il miglioramento dei prati naturali di montagna. Ricerche agrochimiche sui terreni e sui foraggi dell'Altopiano dei Sette Comuni.* L'Agricoltura vicentina, 97, 22, 1966.
64 - CANDUSSIO R., *La concimazione fosfo-potassico-molibdica ai prati di montagna. Ricerche agrochimiche e prove colturali sui prati naturali (Arrhenathereta) nelle Prealpi Giulie Occidentali.* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 47, 1969.
65 - CANDUSSIO R., *Effetti delle acque marine sui terreni e sulle colture. Danni e rimedi.* Agricoltura delle Venezie, Anno XXI, n. 4, aprile 1967.
66 - CANDUSSIO R., VISINTINI ROMANIN M., *Caratteristiche fisiche e chimiche di torbe friulane.* Atti del Convegno Nazionale di Floricoltura, Trieste, 1-3 maggio 1967.
67 - CANDUSSIO R., MARIZZA L., *Caratteristiche fisiche e chimiche di terricci per ciclamino.* Atti del Convegno Nazionale di Floricoltura, Trieste, 1-3 maggio 1967.
68 - CANDUSSIO R., *Lo zinco nei vini bianchi del Friuli orientale.* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 54, 1968.
69 - CANDUSSIO R., *Le concimazioni micronutritive con particolare riguardo alla orto-frutticoltura ed alla viticoltura.* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 55, 1969.
70 - CANDUSSIO R., VISINTINI ROMANIN M., *Acidi fenolici nei terreni torbosi.* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 56, 1968.
71 - CANDUSSIO R., *Ricerche sperimentali per la valorizzazione delle risorse agrario-pastorali della zona montana della Regione Friuli-Venezia Giulia. Linee programmatiche e attività svolta nel 1967.* Istituto Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, 1968.
72 - CANDUSSIO R., VISINTINI ROMANIN M., *Sostanze fenoliche di interesse alimentare nei vini di pregio friulani.* Atti del II Congresso regionale della nutrizione e dell'alimentazione, Udine 5-7 aprile 1968.
73 - CANDUSSIO R., *Il «pool» del fosforo labile (isotopicamente diluibile) e le forme di fosforo nei terreni ferrettizzati arricchiti.* Nuovi Annali Ist. Chim. Agr. Sperim. di Gorizia, pubbl. n. 59, 1969.
74 - CANDUSSIO R., *Il problema della scarsa produttività delle viti di Picolit.* Atti dell'Accademia di Scienze Lettere ed Arti di Udine, serie VII, vol. VIII, 1969.
75 - CANDUSSIO R., *Aspetti agrari dell'inquinamento ambientale.* Istituto Chim. Agr. Sperim. di Gorizia e Stazione Chim. Agr. Sperim. di Udine, 1971.
76 - CANDUSSIO R. *I terreni agrari del Friuli-Venezia Giulia.* Primo volume dell'Enciclopedia monografica del Friuli-Venezia Giulia, 1971.
77 - CANDUSSIO R., *Fertilità e fertilizzazione dei terreni ferrettizzati dell'Italia Nord Orientale.* Annali Ist. Sperim. per la Nutr. delle Piante, Sez. di Gorizia, vol. I, 1971.
78 - CANDUSSIO R., *Il manganese nei terreni e nei foraggi di pascoli alpini (Alpi Carniche).* Annali Ist. Sperim. per la Nutr. delle Piante, Sez. di Gorizia, vol. I, 1971.
79 - CANDUSSIO R. *Il rame nelle acque sorgive di abbeverata in una zona cuprifera alpina (Alpi Carniche).* Annali Ist. Sperim. per la Nutr. delle Piante, Sez. di Gorizia, vol. I, 1971.
80 - CANDUSSIO R., *Ricerche sulla «qualità» di acque freatiche della pianura friulana (Italia N-E) e considerazioni agro-chimiche sul loro impiego agrario.* Annali Ist. Sperim. per la Nutr. delle Piante, Sez. di Gorizia, vol. I, 1971.
81 - CANDUSSIO R., *Presenza di acidi fenolici nei semi di erba medica: significato chemio-*

tassonomico e chemio-ecologico. Annali Ist. Sperim. per la Nutr. delle Piante, Sez. di Gorizia, vol. I, 1971.

82 - CANDUSSIO R., *Aspetti agrari dell'inquinamento da piombo.* Annali Ist. Sperim. per la Nutr. delle Piante, Sez. di Gorizia, vol. I, 1971.

83 - CANDUSSIO R., VISINTINI ROMANIN M., *Caratteristiche pedo-morfologiche, fisico-idrologiche e agro-chimiche di una torba di monte.* Annali Ist. Sperim. per la Nutr. delle Piante, Sez. di Goriza, vol. II, 1972-73.

84 - CANDUSSIO R., *Azoto nitrico e azoto cianidrico nei sorghi da foraggio in relazione alla concimazione azotata e alle cultivar.* Annali Ist. Sperim. per la Nutr. delle Piante, Sez. di Gorizia, vol. II, 1972-73.

85 - CANDUSSIO R., VISINTINI ROMANIN M., *Presenza di sostanze fisiologicamente attive nel terreno: acidi fenolici.* Annali Ist. Sperim. per la Nutr. delle Piante, Sez. di Gorizia, vol. II, 1972-73.

86 - CANDUSSIO R., MARIZZA L., VISINTINI ROMANIN M., *La concimazione come fattore di miglioramento delle produzioni foraggere della montagna. I. I pascoli della Sella di Monte Tuglia (Alpi Carniche).* Annali Ist. Sperim. per la Nutr. delle Piante, Sez. di Gorizia, vol. II, 1972-73.

87 - CANDUSSIO R., *Equilibri di concimazione NxPxK per la coltura del tabacco cvr. Nostrano del Brenta in terreno ferrettizzato. I. Prova fattoriale 3x3x3: le rese e la composizione minerale delle foglie.* Annali Ist. Sperim. per la Nutr. delle Piante, Sez. di Gorizia, vol. II, 1972-73.

88 - CANDUSSIO R., VISINTINI ROMANIN M., *Equilibri di concimazione NxPxK per la coltura del tabacco cvr. Nostrano del Brenta in terreno ferrettizzato. III. Prova fattoriale 3x3x3: zuccheri, forme di azoto e alcaloidi totali delle foglie.* Annali Ist. Sperim. per la Nutr. delle Piante, Sez. di Gorizia, vol. II, 1972-73.

89 - CANDUSSIO R., *Finalmente il dito sulla piaga della gemma dell'enologia friulana.* Il Vino 3 (2), 103-111, 1973.

90 - CANDUSSIO R., *L'inquinamento del terreno: cause ed effetti.* 1° Conv. Prov. sull'inquinamento del suolo. Pordenone 11 luglio 1973.

91 - CANDUSSIO R., *Premesse botaniche e storiche per lo studio dell'erba medica «friulana».* Atti Accademia Scienze Lettere ed Arti di Udine, 1974.

92 - CANDUSSIO R., VISINTINI ROMANIN M., *Il passaggio di fosforo e di azoto a corpi d'acqua «agrari» superficiali dai terreni e dai sedimenti di fondo.* Atti Conv. «Aspetti chimici e microbiologici dell'inquinamento del suolo». Milano 18 giugno 1974.

93 - CANDUSSIO R., *La clorosi della vite e degli alberi da frutta.* Provincia di Pordenone, 1974.

94 - CANDUSSIO R., *Elementi nutritivi ed elementi inquinanti come fattori di fisiopatie negli animali di allevamento, con particolare riguardo alla situazione nella Regione Friuli-Venezia Giulia.* Il Nuovo Progresso Veterinario, 1975.

95 - CANDUSSIO R., *Il mercurio negli ambienti agrari dell'Italia Nord-orientale (Regione Friuli-Venezia Giulia).* Soc. Italiana Scienza del Suolo, Boll. 10, Firenze 1977.

96 - CANDUSSIO R., VISINTINI ROMANIN M., *Ricerche e considerazioni agro-chimiche sulla presenza di mercurio negli ambienti agrari dell'Italia N-E. I. Acque superficiali e sedimenti nell'Alto Friuli orientale.* Istituto Sperim. per la Nutriz. delle Piante, Sez. di Gorizia, 1974-75.

97 - CANDUSSIO R. VISINTINI ROMANIN M., *Ricerche e considerazioni agro-chimiche sulla presenza di mercurio negli ambienti agrari dell'Italia N-E. II. Bassa pianura friulana.* Istituto Sperim. per la Nutriz. delle Piante, Sez. di Gorizia, 1974-75.

98 - CANDUSSIO R., VISINTINI ROMANIN M., *Ricerche e considerazioni agro-chimiche sulla presenza di mercurio negli ambienti agrari dell'Italia N-E. III. Assorbimento del mercurio per via radicale ($^{203}Hg^{2+}$) e per via foliare ($^{203}Hg^{2+}$ e $^{203}Hg^{0}$) e sua traslocazione nella pianta.* Istituto Sperim. per la Nutriz. delle Piante, Sez. di Gorizia, 1974-75.

99 - CANDUSSIO R., VISINTINI ROMANIN M., *Ricerche e considerazioni sulla presenza di*

mercurio negli ambienti agrari dell'Italia N-E. IV. Indagini sul comportamento dell'ione $^{203}Hg^{2+}$ *nel suolo.* Istituto Sperim. per la Nutriz. delle Piante, Sez. di Gorizia, 1974-75.

100 - CANDUSSIO R., *I problemi dell'inquinamento nel Friuli-Venezia Giulia.* Enciclopedia monografica del Friuli-Venezia Giulia, vol. II, parte I.

101 - CANDUSSIO R. *Le acque oligominerali delle fonti di Fleons nell'Alta Carnia.* Atti Acc. Scienze Lettere ed Arti di Udine, 1972, vol. X, Serie VII.

102 - CANDUSSIO R., *Il fosforo nelle acque di colatura dei bacini di bonifica della Bassa Friulana (Italia N-E).* Società Adriatica di Scienze, Trieste, Boll. 61, 1977.

103 - CANDUSSIO R., *Il problema del romice nei pascoli alpini.* In Alto. Cronaca della Soc. Alpina Friulana, Udine, 61, 1979.

104 - CANDUSSIO R., *Le risorse idriche dell'Alta Carnia.* In Alto. Cronaca della Soc. Alpina Friulana, Udine, 60, 1978.

105 - CANDUSSIO R., VISINTINI ROMANIN M., *I muschi come bioindicatori di una anomala presenza ambientale di mercurio.* In Alto. Cronaca della Soc. Alpina Friulana, Udine, 61, 1979.

106 - CANDUSSIO R., *La ricerca di giacimenti metalliferi per mezzo delle piante.* In Alto. Cronaca della Soc. Alpina Friulana, Udine, 62, 1980.

107 - CANDUSSIO R., *Il frazionamento dell'azoto di terreni notevolmente arricchiti con apporti di liquami bovini (Rumiceta Alpini).* Agrochimica, 24 (4), 1980.

108 - CANDUSSIO R., VISINTINI ROMANIN M., *Fosforo e azoto di origine agraria nei corpi idrici della Regione Friuli-Venezia Giulia.* Istituto Sperim. per la Nutriz. delle Piante, Roma, vol. X, pubbl. n. 5, 1980.

109 - CANDUSSIO R., *Le acque sorgive del Bacino dell'Alto Degano in Carnia. Primo contributo all'inventario delle risorse idriche della zona montana del Friuli.* In Alto. Cronaca della Soc. Alpina Friulana, Udine, 63, 1981.

110 - CANDUSSIO R., *Sì, esiste e sopravvive anche il Picolit nero.* Il Vino 7 (4), 1977.

111 - CANDUSSIO R., VISINTINI ROMANIN M., *Indagini sulla anomala presenza di mercurio negli ambienti agrari. Il mercurio nei terreni.* Agrochimica 25 (2), 205-215, 1981.

112 - CANDUSSIO R., VISINTINI ROMANIN M., *Ricerche sul mercurio negli ambienti agrari della Regione Friuli-Venezia Giulia. Il mercurio nelle piante.* Atti Acc. Scienze Lettere ed Arti di Udine, vol. LXXIV, 1981.

113 - CANDUSSIO R., *Terreni agrari a lungo concimati con liquami suini: forme di azoto presenti e interazione N-K.* L'Italia Agricola, n. 3, 1982.

114 - CANDUSSIO R., *Ricerche sulle sostanze uniche estratte da terreni tipici dell'Italia nord-orientale. 1° Caratteristiche chimiche degli acidi umici. Agrochimica, 26 (5-6), 410-419, 1982.*

Memoria presentata nell'adunanza del 21.IV.1983